

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanaman Mengkuang**

Mengkuang (*Pandanus artocapus*) adalah sejenis tumbuhan dari keluarga Pandanaceae yaitu sama dengan keluarga tanaman pandan. Terdapat lebih dari 600 spesies pokok pandan atau mengkuang diseluruh dunia. Tanaman Mengkuang laut (Gambar 1) juga disebut sebagai Pandan Pundak (Malaysia), Screw Pine (English), Pandan Degat (Filipina), Mengkuang (Indonesia), Ketaki atau Keura (India) dan Vacouet (Perancis). Pohon ini banyak tumbuh dikawasan Asia Tenggara dan kawasan kepulauan Pasifik secara liar terutama dikawasan lembab berair terutama dikawasan tepi pantai dan tepi sungai. Mengkuang banyak digunakan bagian daun untuk dibuat anyaman menjadi tikar, alatan aksessori seperti tas, dompet, kotak, bakul, hiasan dinding dan banyak produk kerajinan tangan lainnya.



Gambar 1. Tanaman Mengkuang

Sumber : M. Anem, 2012



Gambar 2. Daun Mengkuang

Sumber : M. Anem, 2012

Pohon mengkuang tumbuh dengan ketinggian 1-5 meter dimana daun yang berduri sepanjang 1-3 meter dari pangkal batang. Daunnya berwarna hijau gelap dengan lebar 5-10 cm dan mempunyai duri tajam di bagian tepi daun serta bahagian bawah atau tulang daun (Gambar 2). Bagian dalam daun adalah berwarna putih dan berair. Mengkuang yang tumbuh di daerah perkampungan terkadang dapat menghasilkan bunga dan buah karena daunnya sering diambil untuk menghasilkan anyaman. Jenis mengkuang laut sering kita lihat ditepi pantai

menghasilkan buah yang unik berwarna kemerahan dan apabila gugur terbawa arus dan tumbuh dikawasan lain. Akar pohon mengkuang terdiri daripada akar serabut yang kukuh dikelilingnya dan juga mempunyai akar udara pada spesies tertentu.

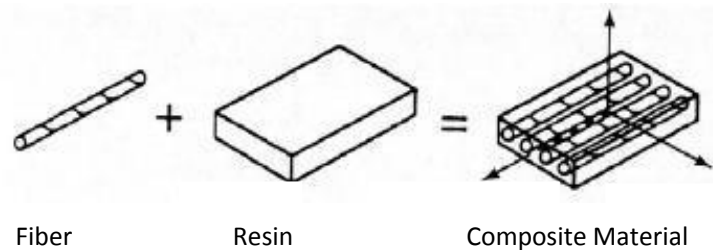
Mengkuang kebanyakan tumbuh sendiri, apabila hendak menanam mengkuang harus dengan kawasan yang sesuai yaitu agak lembab (kawasan tanah gambut atau tanah mineral atau tanah liat). Anak benih mengkuang diambil dari kawasan tanaman liar dan digali bersama tanahnya dan buang bagian atas daun dengan memotongnya sekitar 50%. Jarak penanaman sekitar 3 - 4 meter antara barisan dan dalam barisan. Pastikan menyiram pada peringkat awal penanaman dan buat teduhan sehingga tanaman tumbuh. Mengkuang sebenarnya sejenis tanaman liar yang agak unik dan tidak banyak amalan agronomi yang pernah ditulis dan dibuat kajian.

Pohon mengkuang tidak mempunyai masalah serangan serangga perusak atau penyakit yang serius. Bagian daun merupakan komponen utama untuk digunakan dalam membuat anyaman dan kerajinan tangan selain daripada bagian akarnya yang dipercaya mempunyai khasiat tersendiri dalam pengobatan ayuverda. Bagian akar mengandung bahan kimia seperti 2-phenyl ethyl alcohol serta banyak bahan kimia lain dan dikaitkan dengan organ produksi wanita di kebanyakan kepulauan Pasifik semenjak dulu kala. Ekstrak daripada mengkuang juga bisa digunakan bagi mengurangkan masalah pusing kepala, muntah-muntah dan beberapa masalah kesehatan lain.

## **2.2 Pengertian Komposit**

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matrik dan *reinforcement* (Maryanti, 2011).

Komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Ilustrasi ikatan dan sifat fisik polimer dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Komposisi Komposit

Sumber : K. Van Rijswijk, 2001

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang kita kehendaki, hal ini dinamakan *tailoring properties*. Salah satu sifat istimewa komposit, yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya.

Beberapa definisi komposit menurut Matthews (1999) adalah sebagai berikut:

- a. Tingkat dasar, pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit, contohnya senyawa, paduan, polimer dan keramik.
- b. Mikrostruktur, pada kristal, fase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit, contohnya paduan besi dan karbon.

- c. Makrostruktur, material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit.

Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit (Prasetyo,2006). Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan keausan.

Karakteristik dan sifat komposit dipengaruhi oleh material-material yang menyusunnya. Dalam hal ini, susunan struktur dan interaksi antar unsur-unsur penyusunnya. Interaksi antar unsur-unsur penyusun komposit, yaitu serat dan matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan ikatan antarmuka. Kekuatan ikatan antarmuka yang optimal antara matriks dan serat merupakan aspek yang penting dalam penunjukan sifat-sifat mekanik komposit (Gibson, 1994).

Dari Tabel 1, Tujuan dari dibentuknya komposit, yaitu:

- a. Memperbaiki sifat mekanik dan atau sifat spesifik tertentu
- b. Mempermudah desain yang sulit pada manufaktur
- c. Keleluasaan dalam bentuk desain yang dapat menghemat biaya
- d. Menjadikan bahan lebih ringan

Tabel 1. Keuntungan dan Kerugian dari Komposit

Keuntungan		Kerugian	
1	Berat berkurang	1	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
2	Rasio antar kekuatan atau rasio kekakuan tinggi	2	Sifat-sifat bidang melintang lemah
3	Sifat-sifat yang mampu beradaptasi kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	3	Kekerasan rendah
4	Lebih tahan terhadap korosi	4	Matrik dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5	Kehilangan sebagian sifat dasar material	5	Sulit dalam mengikat
6	Ongkos manufaktur rendah	6	Analisis sifat-sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapai konsensus
7	Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun		

### 2.3 Klasifikasi Bahan Komposit

Jika ditinjau dari unsur pokok penyusun suatu bahan komposit, maka komposit dapat dibedakan atas beberapa bagian antara lain :

a. Komposit serat (*Fibrous Composites Material*)

Komposit serat, (Gambar 4) yaitu komposit yang terdiri dari serat dan matriks (bahan dasar) yang diproduksi secara fabrikasi, misalnya serat ditambahkan resin sebagai bahan perekat.

Komposit serat merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (*fiber*). *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fiber*, *carbon fibers*, *armid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak (*chopped strand mat*) maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

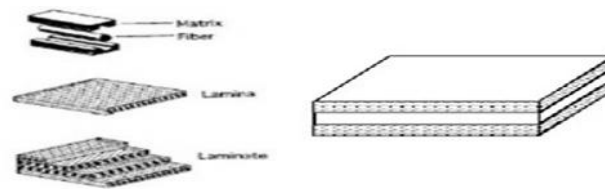


Gambar 4. Komposit serat

Sumber : Gibson, 1994

b. Komposit lapis (*Laminated Composite Materials*)

Komposit *laminat*, (Gambar 5) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.



Gambar 5. Komposit lapis

Sumber : <http://km.itb.ac.id/site/?p=6066>

Komposit yang terdiri dari lapisan serat dan matriks, yaitu lapisan yang diperkuat oleh resin sebagai contoh polywood, *laminated glass* yang sering digunakan bahan bangunan dan kelengkapannya. Pada umumnya manipulasi makroskopis yang dilakukan yang tahan terhadap korosi, kuat dan tahan terhadap temperatur.

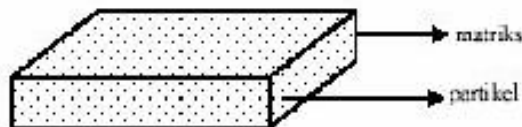
c. Komposit Serpihan

Pengertian dari serpihan adalah partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya. Suatu komposit serpihan terdiri atas serpihan- serpihan yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan kedalam

matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan data sehingga dapat disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya serpih-serpih saling tumpang tindih pada suatu komposit sehingga dapat membentuk lintasan fluida ataupun uap yang dapat mengurangi kerusakan mekanis karena penetrasi atau perembesan.

d. Komposit partikel (*Particulate Composites Materials*)

Komposit partikel (Gambar 6) adalah komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks.



Gambar 6. Komposit partikel

Sumber : Gibson, 1994

Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, dan katalisator. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren diantara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik (Kalpakijan, 2001).

Klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti *metal-organic* atau *metal anorganic*.

1. Klasifikasi menurut karakteristik *bulk-form*, seperti sitem matrik atau *lamite*.

2. Klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti *continous* dan *discontinous*.
3. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrik atau structural.

Sedangkan klasifikasi untuk komposit serat (*fiber-matric composites*) dibedakan menjadi beberapa macam antara lain:

1. *Fiber Composites* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik
2. *Flake Composite* adalah gabungan serpih rata dengan matrik
3. *Partikulate Composites* adalah gabungan partikel dengan matrik
4. *Filled Composites* adalah gabungan matrik *continous* seletak dengan matrik yang kedua
5. *Laminar Composites* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina. (Schwart, 1984)

## 2.4 Penyusun Komposit

Komposit pada umumnya terdiri dari dua fasa :

1. Matriks /penguat pada pembuatan komposit  
Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :
  - a. Mentransfer tegangan keserat
  - b. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik /serat
  - c. Melindungi serat
  - d. Memisahkan serat
  - e. Melepas ikatan
  - f. Tetap stabil setelah proses manufaktur
2. Reinforcement atau filler / Fiber

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya. Matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar),



penguat (penahan beban utama), Interfase (pelekat antar dua penyusun), interface (permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain (Surdia, 2005).

## **2.5 Matriks *Recycled Polypropylene***

Polipropilen merupakan hasil reaksi polimerisasi monomer propilen. Polipropilen yang diperdagangkan umumnya dalam bentuk pellet (butiran memanjang). Polipropilen dapat digunakan untuk membuat barang-barang seperti botol, kotak aki, tikar, rafia, dan karung plastik. Bahan baku polipropilen didapat dengan menguraikan petroleum (naftan) dengan cara yang sama seperti pada etilen. Menurut proses yang serupa dengan metoda tekanan rendah untuk polietilen, mempergunakan katalis Zieger – Natta, polipropilen dengan keteraturan ruang dapat diperoleh dari propilen. Polipropilen ataktik tanpa keteraturan ruang dan mempunyai titik lunak rendah dipisahkan oleh ekstraksi dengan pentan dan disisihkan

### **2.5.1 Sifat-sifat Polipropilen**

Sifat-sifat polipropilen serupa dengan sifat-sifat polietilen. Massa jenis propilen rendah ( $0,90 - 0,92 \text{ g/cm}^3$ ). Polipropilen termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer. Polipropilen dapat terbakar jika dinyalakan, titik lunaknya tinggi sekali ( $176^\circ\text{C}$ ,  $T_m$ ), kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi, tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada suhu rendah. Sifat tembus cahaya polipropilen pada pencetakan lebih baik daripada polietilen dengan permukaan yang mengkilap, penyusutannya pada pencetakan kecil, penampilan dan ketelitian dimensinya lebih baik. Sifat mekaniknya dapat ditingkatkan sampai batas tertentu dengan jalan mencampurkan serat gelas. Pemuaian termal juga dapat diperbaiki sampai setingkat dengan resin termoset. Dalam hidrokarbon aromatik dan hidrokarbon yang terklorinasi, larut pada  $80^\circ\text{C}$  atau lebih, tetapi pada suhu biasa hanya memuai. Oleh karena itu sukar untuk diolah dengan perekatan seperti halnya dengan polietilen yang memerlukan perlakuan tertentu pada permukaannya.

Polipropilen merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas 0,90 – 0,92, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas dikarenakan adanya hidrogen tersier. Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan polipropilen memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress- cracking*) walaupun pada temperatur tinggi. Kerapuhan polipropilen dibawah 0°C dapat dihilangkan dengan penggunaan bahan pengisi dan penguat, akan terdapat adhesi yang baik. Polimer yang memiliki konduktivitas panas rendah seperti polipropilen (konduktivitas = 0,12 W/m) kristalinitasnya sangat rentan terhadap laju pendinginan.

Polipropilen mempunyai tegangan (*tensile*) yang rendah, kekuatan benturan (*impact strength*) yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap pelarut organik. Polipropilen juga mempunyai sifat isolator yang baik mudah diproses dan sangat tahan terhadap air karena sedikit sekali menyerap air, dan sifat kekakuan yang tinggi. Seperti poliolefin lain, polipropilen juga mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alcohol dan sebagainya. Tetapi polipropilen dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras. Karakteristik polipropilena menurut Parlin (2004) dapat dilihat pada Tabel 2.

Polipropilen mempunyai sifat mampu cetak yang baik seperti halnya polietilen. Seperti telah diutarakan di atas polipropilen mempunyai faktor penyusutan cetakan yang lebih kecil dibandingkan dengan polietilen yang bermassa jenis tinggi, pada kondisi optimal dapat diperoleh produk dengan ketelitian dimensinya baik dan tegangan sisa yang kecil.

Tabel 2. Karakteristik Polipropilen

Deskripsi	Polipropilen
Densitas pada suhu 20°C (gr/cm <sup>3</sup> )	0,9
Suhu melunak (°C)	149
Titik lebur (°C)	170
Kristalinitas (%)	60 – 70
Indeks fluiditas	0,2 – 2,5
<i>Modulus of elasticity</i> (kg/cm <sup>3</sup> )	11000 – 13000
Tahanan volumetrik (Ohm cm <sup>2</sup> )	1017
Konstanta dielektrik (60-108 cycle)	2,3
Permeabilitas gas-Nitrogen	4,4
Oksigen	23
Gas karbon	92
Uap air	600

Sumber : Parlin, 2004

### 2.5.2 Penggunaan Polipropilen

Hampir sama seperti polietilen, polipropilen banyak digunakan sebagai bahan dalam produksi peralatan meja makan, keranjang, peralatan kamar mandi, keperluan rumah tangga, mainan, peralatan listrik, barang-barang kecil, komponen mobil, dan seterusnya. Penggunaan yang luas itu berkat mampu cetaknya yang baik, permukaannya yang licin, mengkilap dan tembus cahaya. Film yang diregangkan pada dua arah sumbu kuat dan baik ketahanan impaknya pada suhu rendah. Untuk memperbaiki permeabilitas gas dan ketahanan terhadap panas telah dikembangkan berbagai macam laminasi film. Benang celah dibuat dengan cara meregangkan film sampai putus pada panjang yang sama, dan benang pisah dengan robekan yang banyak, dipakai untuk membuat tali dan pita untuk keperluan pengepakan. Serat dipergunakan untuk tambang, karpet, tirai dan bahkan yang dicetak tiup untuk berbagai macam botol.

## 2.6 PROSES PABRIKASI KOMPOSIT

Material komposit dapat diproduksi dengan berbagai macam metode proses pabrikasi. Metode-metode pabrikasi ini disesuaikan dengan jenis matriks penyusun komposit dan bentuk material komposit yang diinginkan sesuai aplikasi selanjutnya, antara lain :

### 2.6.1 *Close Molding Process* (Pencetakan Tertutup)

Beberapa jenis metode pabrikasi komposit dengan metode pencetakan tertutup antara lain :

#### 1. *Compression molding*

Metode ini menggunakan cetakan yang ditekan pada tekanan tinggi sampai mencapai 1000 psi. Diawali dengan mengalirkan resin dan *reinforcement* dengan viskositas yang tinggi ke dalam cetakan dengan suhu 330 - 400°F, kemudian *mold* ditutup dan penekanan terhadap material komposit tersebut, sehingga terjadi perubahan kimia yang menyebabkan mengerasnya material komposit secara permanen mengikuti bentuk cetakan.

#### 2. *Pultrusion*

Pada metode ini pembentukan material komposit yang menggabungkan antara resin dan *fiber* berlangsung secara kontinu. Proses pultrusi digunakan pada pabrikasi komposit yang berprofil penampang lintang tetap, seperti pada berbagai macam *rods*, *bar section*, *ladder side rails*, *tool handles* dan komponen elektrik kabel. *Reinforcement* yang digunakan seperti *roving*, *mat* diletakkan pada tempat yang khusus dengan menggunakan *performing shapers* atau *guides* untuk membentuk karakteristiknya. Proses penguatan dilakukan melalui *resin bath* atau *wet out*, yaitu tempat material diselubungi dengan cairan resin. Adanya panas akan mengaktifkan sistem *curing* sehingga akan mengubah fasa resin menjadi padat.

#### 3. *Resin Transfer Molding* (RTM)

Pada proses ini resin ditransfer atau diinjeksikan ke dalam suatu tempat yang berisi *fiberglass reinforcement*. Metode ini termasuk *closed mold process* dimana *reinforcement* diletakkan di antara dua permukaan cetakan yang terdiri dari dua bagian yang satu disebut bagian *female* dan yang lainnya disebut *male*.

Pasangan cetakan tersebut lalu ditutup, diberi klem, lalu resin termoset berviskositas rendah diinjeksikan pada tekanan 50 - 100 psi ke dalam lubang cetakan melalui *port* injeksi. Resin diinjeksikan sampai memenuhi seluruh rongga cetakan hingga meresap dan membasahi seluruh material *reinforcement*.

#### 4. *Vacuum Bag Molding*

Metode ini merupakan pengembangan metode *close mold* yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dengan cara meminimalisasi jumlah udara yang terperangkap dalam proses pembuatannya. Selain itu dengan berkurangnya tekanan di dalam *vacuum bag molding* maka tekanan udara atmosferik dari luar akan digunakan sebagai gaya untuk menghilangkan kelebihan resin yang ada dalam laminasi sehingga menghasilkan kandungan *fiber reinforcement* yang tinggi. Bentuk cetakan yang digunakan disesuaikan dengan bentuk produk yang ingin dibuat/

#### 5. *Wet Lay-Up*

Metode ini *reinforcement* digabungkan dengan menggunakan tangan seperti metode *hand lay-up* untuk kemudian ditaruh ke dalam cetakan *vacuum bag* untuk mempercepat proses laminasi dan menghilangkan udara yang terperangkap yang dapat menimbulkan adanya *void* dalam produk komposit yang dicetak.

#### 6. *Prepreg*

Metode ini merupakan metode *advance* dalam pembuatan komposit dengan adanya pemanasan atau cetakan yang diletakan pada *autoclave* setelah campuran komposit dimasukkan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan gaya tekan dari luar. Teknik menggunakan *prepreg-vacuum bag-autoclave* banyak dimanfaatkan untuk pembuatan peralatan pesawat terbang dan perlengkapan militer.

#### 7. *Vacuum Infusion Processing*

Metode ini adalah variasi dari *vacuum bag molding* dimana resin yang dituang dalam ruang hampa masuk ke dalam cetakan dan membentuk laminasi. Pada metode ini tekanan dalam rongga cetakan lebih rendah dibandingkan tekanan atmosferik udara. Setelah cetakan dipenuhi resin kemudian dilapisi

dengan *fiber reinforcement* dapat menggunakan tangan yang disebut dengan istilah *lay-up dry*, kemudian resin diinfusikan kembali ke dalam cetakan untuk menyempurnakan sistem laminasi komposit sehingga tidak terdapat ruang untuk kelebihan resin. Rasio resin yang sangat tinggi terhadap *fiber glass* yang digunakan memungkinkan penggunaan metode *vacuum Infusion* yang menghasilkan sifat mekanik sistem laminasi yang sangat baik. *Vacuum Infusion Processing* dapat digunakan untuk pencetakan dengan struktur yang besar dan tidak dianjurkan untuk proses dengan volume yang rendah.

### **2.6.2 Open Molding Process (Pencetakan Terbuka)**

Beberapa metode pabrikasi komposit dengan pencetakan terbuka antara lain :

#### **1. Chopped Laminate Process**

Proses ini menggunakan alat pemotong *fiber* yang biasanya serat panjang membentuk serat menjadi lebih pendek.

- a. *Atomized Spray-Up*, pada teknik pabrikasinya sistem pada metode ini tidak kontinu, biasanya digunakan untuk membuat material komposit dengan ukuran yang lebih kecil.
- b. *Non Atomized Application*, untuk metode ini pada pengaplikasiannya menggunakan mesin potong *fiber*, pelaminasi resin dan tekanan dari *roller* yang berjalan kontinu. Metode ini lebih menguntungkan bila digunakan untuk pabrikasi material komposit yang berdimensi besar mengingat prosesnya yang kontinu.

#### **2. Filament Winding Process**

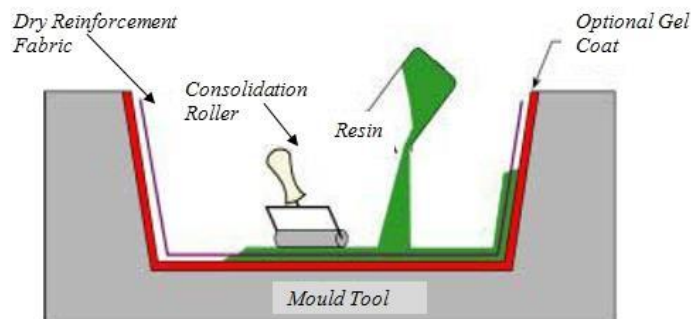
Proses ini melalui metode yang memanfaatkan sistem gulungan benang pada sebuah sumbu putar. Serat komposit dibuat dalam bentuk benang digulung pada sebuah mandril yang dibentuk sesuai dengan bentuk rancangan benda teknik, misalnya berbentuk tabung, kemudian resin yang berfungsi sebagai matriks dituangkan bersamaan dengan proses penggulungan serat tersebut, sehingga keduanya merekat dan saling mengikat antara satu lapisan gulungan

dengan gulungan berikutnya, sampai membentuk benda teknik yang direncanakan.

### 3. *Hand Lay-Up Process*

Pada Penelitian ini digunakan metode pencetakan terbuka jenis *hand lay-up* dengan cara manual. Proses ini dilakukan pada suhu ruangan dan dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan atau mandril, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain. Demikian seterusnya, sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan. Ada dua cara aplikasi resin yaitu:

- a. *Manual Resin Application*, proses pengaplikasian antara resin dan *fiber* dilakukan secara manual dengan tangan.
- b. *Mechanical Resin Application*, proses pengaplikasian antara resin dan *fiber* menggunakan bantuan mesin dan berlangsung secara kontinu.



Gambar 7. Metode *Hand Lay-Up*

## 2.7 Karakterisasi Material Komposit

Karakterisasi dari material komposit dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis campuran polimer dengan serat. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan standar yang meliputi sifat fisik seperti kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal dan sifat mekanis seperti kuat patah (*Modulus of Rupture*), kuat lentur (*Modulus Of Elasticity*), keteguhan pererekat internal (*internal bond*) dan kuat impak. Berbagai standar yang digunakan dalam pengujian sifat-sifat

komposit, yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-1996 dan *Japanese Industrial Standards* (JIS) A 5908 (2003). Karakteristik papan partikel komposit berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Standar JIS A 5908-2003 dapat dilihat pada Tabel 4.

### 2. 7.1 Kerapatan (Density)

Untuk mengetahui sifat fisis papan partikel komposit dilakukan pengujian kerapatan ( ). Pengujian kerapatan dilakukan pada kondisi kering udara dan volume kering udara, sampel uji berukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm ditimbang massanya, lalu diukur rata-rata panjang, lebar dan tebalnya untuk menentukan volumenya.

Tabel 3. Sifat Fisis dan Mekanis dari Komposit Berdasarkan SNI-03-2105-2006

Sifat Fisik Mekanis	Persyaratan Nilai
Kerapatan (gr/cm <sup>3</sup> )	0,5 - 0,9
Kadar Air (%)	14
Daya Serap Air (%)	-
Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	Maks 82
MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Maks 20.400
Kuat Rekat Internal (kg/cm <sup>2</sup> )	Maks 1,5
Kuat Pegang sekrup (kg)	Min 30
<i>Linear Expansion</i> (%)	-
<i>Hardness</i> (N)	-
Emisi Formaldehid (ppm)	-

Sumber : Badan Standardisasi Nasional, 2006

Rapat massa suatu bahan yang homogen didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Rapat massa dilambangkan dengan huruf Yunani ( $\rho$ ) secara matematis dapat ditulis :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (1)$$

(Wikipedia, 2016)

Dimana :  $\rho$  = kerapatan (gr/cm<sup>3</sup>)  
 m = massa sampel uji (gr)  
 v = volume sampel uji (cm<sup>3</sup>)



Berat jenis suatu bahan ialah perbandingan antara rapat massa bahan itu terhadap rapat massa air dan sebab itu berupa bilangan semata tanpa satuan. Istilah berat jenis sebenarnya merupakan istilah keliru karena tidak ada sangkut pautnya dengan gravitasi. Lebih tepat disebut rapat relatif karena lebih memperjelas konsepnya (Sears, 1982).

## 2. 7.2 Daya Serap Air

Pada saat terbentuk sampel, kemungkinan terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan agregat atau terjadi karena dekomposisi mineral yang pembentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil di dalam butiran agregat (pori). Pori dalam sampel bervariasi dan menyebar diseluruh butiran. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas didalam agregat. Presentase berat air yang mampu diserap agregat dan serat didalam air disebut daya serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat dan serat disebut kadar air.

Tabel 4. Standar Pengujian Sifat-sifat Komposit Berdasarkan Standar JIS A 5908-2003

Sifat Papan Partikel	Persyaratan Nilai
Kerapatan ( $\text{gr/cm}^3$ )	0,40 – 0,90
Kadar Air (%)	5 – 13
Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
MOR ( $\text{N/mm}^3$ )	
Tipe 8	Min 8
Tipe 13	Min 13
Tipe 18	Min 18
MOE (Mpa)	
Tipe 8	Min 2,0
Tipe 13	Min 2,5
Tipe 18	Min 3,0
Daya Pegang Sekrup (N)	
Tipe 8	Min 300
Tipe 13	Min 400
Tipe 18	Min 500
Keteguhan Retak Internal ( $\text{N/mm}^3$ )	
Tipe 8	Min 1,5
Tipe 13	Min 4,077
Tipe 18	Min 3,0

Sumber : Japanese Industrial Standard for particleboard JIS A 5908, 2003

Keterangan :

- \* Tipe 8 adalah *base particle board* atau *decorative particle board* dengan kuat lentur minimal  $8,0\text{N/mm}^3$  ( $82\text{ kg/cm}^2$ ).
- \* Tipe 13 adalah *base particle board* atau *decorative particle board* dengan kuat lentur minimal  $13,0\text{N/mm}^3$  ( $133\text{ kg/cm}^2$ ).
- \* Tipe 18 adalah *base particle board* atau *decorative particle board* dengan kuat lentur minimal  $18,0\text{N/mm}^3$  ( $184\text{ kg/cm}^2$ ).

Pengujian daya serap air ini telah dilakukan terhadap semua jenis variasi sampel yang ada, berikut data hasil penimbangan berat sampel kering dan berat sampel basah. Pengujian daya serap air (*Water absorbtion*) dilakukan pada masing-masing sampel pengeringan. Lama perendaman dalam air adalah selama 24 jam dalam suhu kamar. Massa awal sebelum direndam diukur dan massa sesudah perendaman.

Pengujian daya serap air ini mengacu pada ASTM C-20-00-2005 tentang prosedur pengujian, dimana bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam.

### **2. 7.3 Kadar Air**

Kadar air papan partikel merupakan jumlah air yang masih tertinggal didalam rongga sel, rongga intraselular, dan antar partikel selama proses pengepresan perekat dengan kempa panas. Kadar air ini ditentukan oleh kadar air sebelum kempa panas, jumlah air yang terkandung pada perekat serta kelembaban udara sekeliling karena adanya lignoselulosa yang bersifat higroskopis. Kadar air komposit akan semakin rendah dengan meningkatnya kadar perekat yang digunakan, karena kontak antar partikel semakin rapat sehingga air akan sulit untuk masuk di antara partikel kayu (Widarmana, 2006).

Menurut Mulyadi (2006) menyatakan bahwa faktor terpenting yang mempengaruhi pengembangan tebal komposit atau papan partikel adalah kerapatan kayu pembentuknya. Papan partikel yang dibuat dari kayu dengan kerapatan rendah akan mengalami pengempaan yang lebih besar pada saat

pembentukan sehingga dalam air akan terjadi pembebasan tekanan yang lebih besar yang mengakibatkan pengembangan tebal menjadi lebih tinggi.

#### 2. 7.4 Kuat Tarik

Sifat mekanis biasanya dipelajari dengan mengamati sifat kekuatan tarik ( ) terhadap suatu material yang diberikan tekanan menggunakan alat pengukur yang disebut tensiometer atau dinamometer. Kekuatan tarik dapat diartikan sebagai ketahanan suatu bahan yang bekerja paralel pada bahan yang menyebabkan bahan tersebut putus tarik.

Kuat tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (2)$$

(Blaise Pascal, Tanpa Tahun)

Dengan :

=kekuatan tarik (N/m<sup>2</sup>)

F = gaya tarik (N)

A<sub>0</sub> = luas penampang awal (m<sup>2</sup>)

Selama perubahan bentuk, dapat diasumsikan bahwa volume spesimen tidak berubah. Perpanjangan tegangan pada saat bahan terputus disebut kemuluran. Besaran kemuluran ( ) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{l}{l-l_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

(Robert Hooke, 1676)

Dengan :

= kemuluran (%)

l<sub>0</sub> = panjang spesimen mula-mula (mm)

#### 2. 7.5 Kuat Impak

Pengujian kekuatan impak merupakan kriteria untuk mengetahui kegetasan bahan. Matriks dan serat memiliki peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dan fisis dari komposit. Pengujian impak ini dilakukan untuk

mengetahui ketangguhan sampel terhadap pembebanan dinamis, sampel diletakkan pada alat penumpu dengan jarak 40 mm. Godam pada posisi awal dengan sudut  $160^{\circ}$ , kemudian godam dilepaskan secara tiba-tiba sehingga menumbuk sampel. Setelah penumbukan sampel sehingga sampel patah atau retak maka pengukuran dilakukan dengan membaca skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk skala.

Kekuatan impact yang dihasilkan ( $I_s$ ) merupakan perbandingan antara energi serap ( $E_s$ ) dengan luas penampang ( $A$ ).

$$I_s = \frac{E_s}{A} \dots\dots\dots (4)$$

(Wikipedia, 2016)

Dengan :

$I_s$  = Kekuatan impact ( $J/m^2$ )

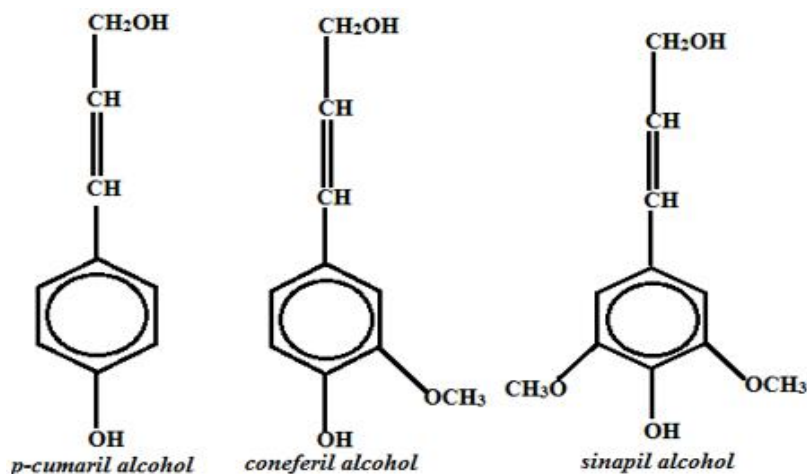
$E_s$  = Energi serap (J)

$A$  = Luas penampang ( $mm^2$ )

## 2.8 Lignin

Lignin merupakan salah satu penyusun utama sel kayu yaitu molekul polifenol dengan struktur tiga dimensi, kompleks, bobot molekul yang tinggi dan bercabang banyak (Widiyanto dalam Agung Prasetyo, 2006). Lignin dapat diperoleh dari kayu atau semua daya alam berlignoselulosa (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) lainnya seperti sawit, rotan, bambu, rumput-rumputan, kenaf dan lainnya (Nuryanto, 2000).

Lignin adalah salah satu komponen utama penyusun kayu yang merupakan polimer alami yang terdiri dari molekul-molekul polifenol (Nuryanto, 2000). Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul-molekul polifenol yang berfungsi sebagai pengikat sel-sel kayu satu sama lain, sehingga kayu menjadi keras dan kaku. Dengan adanya lignin maka kayu mampu meredam kekuatan mekanis yang dikenakan terhadapnya, sehingga memungkinkan usaha pemanfaatan lignin sebagai perekat dan pengikat (*binder*) pada papan partikel, kayu lapis, dan komposit (Rudatin dalam Nuryanto, 2000). Monomer-monomer utama penyusun lignin dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Monomer Penyusun Utama Lignin

Sumber :Repository USU, 2012

Ada beberapa metode pengisolasian lignin dari serat, yaitu secara kimiawi dan enzimatik. Mengingat metode isolasi lignin secara enzimatik memerlukan biaya produksi yang lebih mahal serta proses produksi yang lama, maka dipilih metode isolasi lignin secara kimiawi. Delignifikasi merupakan proses pemutusan ikatan lignin dan makromolekul lignoselulosa yang diikuti dengan pelarutan lignin dalam suatu pelarut serta degradasi sebagian kecil polisakarida (Fengel dan Wegener,1995). Proses delignifikasi bertujuan untuk melarutkan kandungan lignin dalam kayu sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan serat, proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan kimia NaOH (Fengel dan Wegener,1995). NaOH dapat memperbesar ukuran pori dari serat pelepah pinang sehingga menyebabkan pemisahan lignin dari serat pada proses *Kraft*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi sebagaimana diungkapkan Fengel dan Wegener (1995) adalah sebagai berikut:

1. Waktu pemasakan, dipengaruhi oleh lignin semakin besar konsentrasi lignin semakin lama waktu pemasakan dan kisaran waktu pemasakan antara 1-4 jam.
2. Konsentrasi larutan pemasak, jika kadar lignin besar maka konsentrasi larutan pemasak juga harus besar

3. Pencampuran bahan, dipengaruhi oleh pengadukan. Dengan pengadukan, akan dapat meratakan larutan dengan bahan baku yang akan dipisahkan ligninnya.
4. Perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku, didasarkan pada perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku. Semakin kecil perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku maka lignin yang didegradasi atau kecil juga.
5. Ukuran bahan, semakin besar ukuran bahan maka semakin lama waktu prosesnya.
6. Suhu dan tekanan, semakin besar suhu dan tekanan maka semakin cepat waktu prosesnya, kisaran suhu antara  $100^{\circ}\text{C}$  –  $110^{\circ}\text{C}$  dan untuk tekanannya.

Menurut Dian Oktaveni (2009) dalam penelitiannya, suhu, tekanan dan konsentrasi larutan pemasak selama proses *pulping* merupakan faktor-faktor yang akan mempengaruhi kecepatan reaksi pelarutan lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Selulosa tidak akan rusak saat proses pelarutan lignin jika konsentrasi larutan pemasak yang digunakan rendah dan suhu yang digunakan sesuai. Pemakaian suhu diatas  $180^{\circ}\text{C}$  menyebabkan degradasi selulosa lebih tinggi, dimana pada suhu ini lignin telah habis terlarut dan sisa bahan pemasak akan mendegradasi selulosa. Heradewi (2007) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa rendeman lignin sangat dipengaruhi oleh proses pemasakan bahan baku, perbedaan reaksi polimerisasi dan dikarenakan adanya perlakuan tambahan, yaitu penguapan sebagian kandungan airnya. Selain itu, penambahan basa pada larutan pemasakan akan menyebabkan tingginya konsentrasi ion hidroksil dalam larutan pemasak sehingga mempercepat pemutusan pada ikatan intra molekul lignin saat ekstraksi dan mempercepat delignifikasi. Pemilihan penggunaan basa (NaOH) pada larutan pemasak ini, dikarenakan sama halnya dengan proses *pulping* soda. Sebagaimana dikatakan Casey (1952), proses soda merupakan proses kimia alkalis yang berpotensi untuk dikembangkan dalam pembuatan *pulp* bahan baku non kayu.

## 2.9 Selulosa

Komponen utama penyusun jaringan dinding sel tumbuhan pada umumnya adalah selulosa. Selulosa mendominasi pembentukan unsur utama tumbuhan sekitar 45,80%, kemudian pentosan 25,90, dan lignin 22,60%. Selulosa merupakan polimer alam berupa zat karbohidrat (polisakarida) yang mempunyai serat dengan warna putih dan susah mengalami degradasi. Selulosa mempunyai rumus molekul  $2(C_6H_{10}O_5)_n$ , dengan n adalah derajat polimerisasi. Panjang suatu rangkaian selulosa tergantung pada derajat polimerisasinya. Semakin panjang suatu rangkaian selulosa, maka rangkaian selulosa tersebut mempunyai serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme.

Seperti juga amilosa, selulosa adalah polimer rantai lurus dari -glukosa dan ikatan -1-4 antara unit-unit glukosa. Perbedaan selulosa dan aniselulosa adalah pada jenis ikatan glukosidanya.

## 2.10 Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida pada dinding sel tanaman yang larut dalam alkali dan menyatu dengan selulosa. Hemiselulosa terdiri atas unit D-glukosa, D- galaktosa, D-manosa, D-xylosa, dan L-arabinosa yang terbentuk bersamaan dalam kombinasi dan ikatan glikosilik yang bermacam-macam. Hemiselulosa terdapat bersama-sama dengan selulosa dalam struktur daun dan kayu dari semua bagian tanaman dan juga dalam biji tanaman tertentu. Hemiselulosa yang terhidrolisis akan menghasilkan heksosa, pentosa dan asam uronat. Hemiselulosa dihidrolisa oleh jasad renik dalam saluran pencernaan dengan enzim hemiselulase, hasil akhir fermentasinya adalah VFA.

Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15-30% dari berat kering bahan lignoselulosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (Oktaveni, 2009). Hemiselulosa terdiri dari molekul-molekul heksosan dan pentosan. Apabila kepada senyawa hemiselulosa

diberi larutan  $\text{ZnCl}_2$ , kemudian ditambahkan yodium (I), maka akan muncul warna biru. Selain sebagai penguat dinding sel, hemiselulosa juga dapat berfungsi sebagai makanan cadangan dalam sel tumbuh-tumbuhan.